مروری بر منابع تولید، مزایا و معایب سوخت‌های زیستی

محمد صفری[۱]، نسیم موسی‌خانی[۲]، غلامحسین صفری[۳،٤،*]

۱- دانشجوی پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، کرمان، ایران

۲- کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی تبریز

۳*- مرکز تحقیقات سلامت و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

٤- گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، تبریز، ایران

ایمیل نویسنده مسئول: hsafari۱۳@yahoo.com

تاریخ دریافت:۱۴۰۱/۱۲/۱٤ تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۱/۳۰

چکیده:

امروزه جهان با یک بحران عظیم به دلیل افزایش تقاضای جهانی انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف سوخت های فسیلی مواجه است. مصرف حامل های انرژی مقادیر زیادی دی اکسید کربن و سایر آلاینده ها را تولید می کند که محیط زیست را آلوده می کند. بر اساس گزارش‌های سازمان جهانی انرژی در سال ۲۰۱۹، میزان انتشار دی اکسید کربن ۰/۵ درصد و مصرف انرژی اولیه ۱/۳ درصد در سرتاسر جهان افزایش یافته است که می‌تواند زنگ خطری برای بشر و محیط زیست باشد. از طرفی بخش عمده انرژی مورد نیاز جهان از طریق منابع نفتی، زغال سنگ و گاز طبیعی تأمین می شود که تمامی این منابع محدود بوده و با میزان مصرف کنونی در یک زمان کوتاه مدت به پایان خواهند رسید. کاهش شدید منابع سوخت‌های فسیلی، صنعتی شدن اکثر کشورها ،وابستگی آن‌ها به انرژی و در نتیجه افزایش قیمت جهانی و همچنین مصرف سوخت موجب بحران انرژی و زیست محیطی در سطح جهان شده است. بنابر این، بحران انرژی، آلودگی‌ها و آثار زیست‌محیطی ناشی از استفاده سوخت‌های فسیلی، باعث شده است تا بشر به دنبال منابع جدیدی از انرژی‌های تجدیدپذیر باشد که یکی از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر، سوخت‌های زیستی می‌باشد. سوخت های زیستی بر اساس مواد اولیه مورد استفاده در تولید آن‌ها به چهار دسته سوخت‌های زیستی نسل اول، دوم، سوم و چهارم طبقه‌بندی می‌شوند. سوخت‌های زیستی نسل اول شامل بیومس مربوط به محصولات غذایی است، در حالی که نسل دوم شامل زیست توده لیگنوسلولزی است. نسل سوم دارای منابع بالقوه تجدیدپذیر در قالب زیست توده جلبکی است در حالیکه نسل چهارم شامل زیست توده جلبکی اصلاح شده ژنتیکی (GM) می‌باشد. هدف اصلی این مقاله، بررسی منابع مختلف سوخت‌های زیستی، مقایسه نسل‌های مختلف سوخت‌های زیستی با یکدیگر و بحث در رابطه با مزایا، معایب انواع مختلف سوخت‌های زیستی است.

کلمات کلیدی:

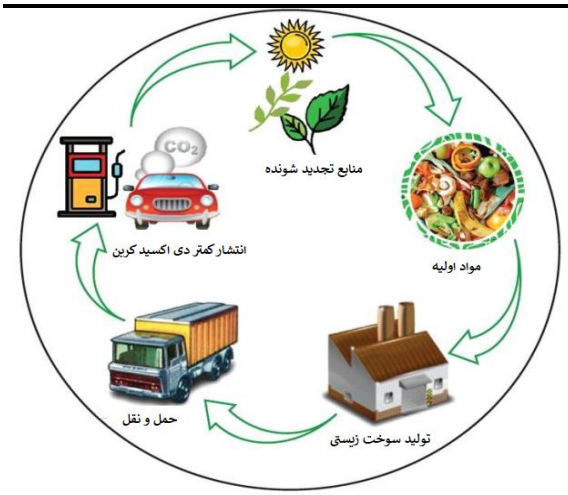
"سوخت‌های زیستی"، "سوخت‌های فسیلی"، "گازهای گلخانه‌ای"، "زیست توده"، "انرژی تجدید پذیر"

۱- مقدمه

در حال حاضر، فعالیت‌های انسانی و صنعتی شدید در سراسر جهان منجر به افزایش تقاضای انرژی و حفاظت از محیط زیست شده است (Ambaye et al., ۲۰۲۰). در سال ۲۰۱٤، زغال سنگ، گاز طبیعی و نفت بیش از ۸۰ درصد تقاضای انرژی جهان را برآورده می‌کردند (IEA, ۲۰۱۵). بر اساس گزارش انتشار محیطی سازمان ملل متحد ۲۰۱٤)، مجموع انتشار گازهای گلخانه ای (GHGs) از بخش حمل و نقل جاده ای حدود ٥٤ گیگاتن معادل CO_2 می باشد که در سال ۲۰۵۰ به ۸۷ گیگا تن معادل CO_2 افزایش خواهد یافت و این حجم از انتشار گازهای گلخانه ای می تواند باعث ایجاد انواع مختلفی از اثرات نامطلوب بر منابع طبیعی و محیط زیست از قبیل آلودگی و تغییرات آب و هوایی جهانی شود (World Oil Outlook, ۲۰۱۵; Prasad et al., ۲۰۱۲). گزارش آژانس بین‌المللی انرژی (۲۰۱۵) پیش‌بینی کرده که ذخایر نفت و گاز و کمبود عرضه نفت خام احتمالاً شرایط اضطراری امنیتی شدید انرژی را برای جهان به همراه خواهد داشت. تخمین زده می شود که نیاز رو به رشد انرژی از سال ۲۰۲۰ از عرضه محدود نفت در سطح جهان پیشی خواهد گرفت (Ambaye et al., ۲۰۲۱b).سوخت های زیستی تولید شده از منابع زیست توده از طریق رویکردهای سازگار با محیط زیست در سراسر جهان مورد توجه محققان و دانشمندان قرار گرفته است (Zabermawi et al., ۲۰۲۲). در حال حاضر، سوخت‌های زیستی مختلف گازی و مایع (مانند بیودیزل، اتانول، متانول، متان و غیره) از زیست

تودهها تولید میشوند (Joshi et al., ۲۰۱۹; Prasad et al., ۲۰۲۰a). سوخت های زیستی پتانسیل زیادی برای تامین انرژی در آینده و دستیابی به امنیت انرژی پایدار نشان داده اند (Choi et al., ۲۰۱۰). استفاده از سوخت های زیستی به عنوان انرژی های تجدید پذیر باعث کاهش انتشار آلاینده های هوا از جمله گازهای گلخانه ای، به ویژه CO_2 در طی فرآیند احتراق می شود. بنابراین بار آلودگی کلی و سایر اثرات زیست محیطی به حداقل می رسد (Anukam et al., ۲۰۱۹). تولید سوخت های زیستی و استفاده از آنها نیز به عنوان یک مسیر کربن خنثی گزارش می شود زیرا آنها از زیست توده تولید می شوند که مقدار بیشتری از CO_2 آزاد شده در محیط را جذب می کنند (; Kelsi ۲۰۱۶; Parsad et al., ۲۰۲۰b; Ambaye et al., ۲۰۲۱a). چرخه تولید و مصرف سوختهای زیستی در شکل ۱ نشان داده شده است.

پیش‌بینی می‌شود که حدود ۱۰ تا ۵۰ درصد انرژی مصرفی جهان تا سال ۲۰۵۰ از زیست توده تولید شود (Kumar et al., ۲۰۱۶). این تخمین نشان می دهد که زیست توده یکی از بزرگترین منابع انرژی پایدار در سراسر جهان خواهد بود (Ambaye et al., ۲۰۲۱a). انواع مختلفی از فناوری های تولید سوخت های زیستی در سراسر جهان استفاده می شود که عموماً به عنوان فناوری های تولید سوخت های زیستی نسل اول، دوم، سوم و چهارم شناخته می شوند. پژوهش‌های مختلفی گزارش کرده‌اند که سوخت زیستی تولید شده از فناوری نسل اول دارای محدودیت خاصی است. با این حال، سوخت های زیستی نسل دوم و سوم پتانسیل تولید سوخت های زیستی بیشتری دارند. مسیر توسعه و پیشرفت تولید سوخت‌های زیستی در شکل ۲ نشان داده شده است. (Lee et al. ۲۰۱۳; Surriya et al., ۲۰۱۵; Dahman et al., ۲۰۱۹a).



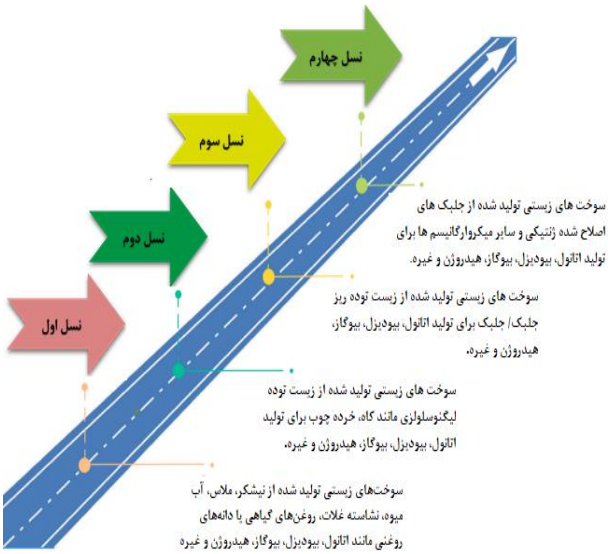
شکل ۱- چرخه تولید و مصرف سوختهای زیستی (Malode, et al., ۲۰۲۱).

پیشرفت چشمگیر صنعتی شدن، نوسازی در سبک زندگی و افزایش تعداد وسایل نقلیه جهان منجر به افزایش چشمگیر تقاضای سوخت مبتنی بر نفت شده است (Agarwal, ۲۰۰۷; Nigam and Anoop ۲۰۱۱). در حال حاضر، بیش از ۸۰ درصد تقاضای انرژی اولیه در کل جهان توسط سوخت مبتنی بر نفت تامین می شود که از این میزان ۶۰ درصد سهم بخش حمل و نقل مصرف می شود (Escobar et al. ۲۰۰۹). بهره برداری مستمر از ذخایر سوخت نفت برای برآوردن تقاضای انرژی فعلی منجر به تخلیه سریع این منابع انرژی شده است. رشد مداوم و نوسانات قیمت نفت خام همراه با سهم عمده در انتشار گازهای گلخانه ای (GHGs) توسط مصرف آنها، باعث ایجاد چندین اثر منفی بر سلامت انسان همراه با اکولوژی زمین می شود (Chen et al., ۲۰۱۱; Cuellar-Bermudez et al., ۲۰۱۵; Dhillon ans George ۲۰۱۳; Tang et al ۲۰۱۲). بنابراین، یافتن منابع انرژی جایگزین جدید ضروری است که باید تجدیدپذیر، پایدار، دوستدار محیط زیست، کارآمد و اقتصادی باشند (Alemán-Nava et al., ۲۰۱۴; Gopinathan and Rajasekaran ۲۰۰۹). در میان بسیاری از انرژی های جایگزین سوخت زیستی در سراسر جهان توجه بیشتری را به خود جلب کرده است زیرا سوخت زیستی پایدارترین و سازگارترین منبع انرژی در نظر گرفته می شود که به سه صورت جامد، مایع و گاز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. محتوای انرژی سوخت زیستی از منابع زیستی و مواد آلی که بدن موجودات زنده را می‌سازند به وجود آمده است. در واقع سوخت زیستی نوعی از سوخت است که از منابع زیست‌توده (بیومس) به وجود می‌آید. این بدان

معناست که ماهیت سوخت زیستی به گیاهان برمی‌گردد و همین امر موجب تجدیدپذیر بودن آن می‌شود. در سال‌های اخیر محبوبیت سوخت‌های زیستی به دلیل افزایش قیمت نفت و نیاز به تأمین امنیت انرژی، افزایش یافته است. جوانب مثبت و منفی زیادی در مورد استفاده از سوخت‌های زیستی به عنوان یک منبع انرژی وجود دارد که همین امر موجب انتقاد و نارضایتی برخی از جوامع علمی شده است. منبع اصلی انرژی در زیست‌توده‌ها انرژی خورشید است که طی فرایند فتوسنتز در گیاه ذخیره می‌شود. این انرژی ذخیره شده در گیاهان و زیست‌توده‌ها می‌تواند طی فرایندهای مختلف حرارتی، تبدیل شیمیایی و تبدیل بیوشیمیایی به انرژی قابل استفاده برای انسان تبدیل شود (زیست- فن، ۲۰۲۱). بطور کلی سوخت های زیستی بر اساس مواد اولیه مورد استفاده در تولید آن‌ها به سوخت‌های زیستی نسل اول، دوم، سوم و چهارم طبقه‌بندی می‌شوند (Awogbemi et al., ۲۰۲۱). هدف اصلی این مقاله، بررسی و بحث در مورد انواع سوخت‌های زیستی، منابع تولید آنها، مزایا، معایب و در نهایت مقایسه انواع مختلف سوخت‌های زیستی با یکدیگر است.

۲- روش انجام تحقیق

پژوهش حاضر یک مطالعه توصیفی- مروری است که داده‌های آن از طریق مطالعات کتابخانه‌ای به دست آمده و از منابع مختلف به منظور پردازش مطالب استفاده شده است. با توجه به اهمیت موضوع کاربرد سوختهای زیستی به عنوان یک منبع انرژی تجدید پذیر سعی گردید تا حد امکان از مرتبط‌ترین و به‌روزترین منابع حاوی نکات ارزنده در رابطه با سوختهای زیستی استفاده شود. هدف اصلی این مقاله، بررسی و بحث در مورد انواع سوخت‌های زیستی، منابع تولید آنها، مزایا، معایب و در نهایت مقایسه انواع مختلف سوخت‌های زیستی با یکدیگر است.



شکل ۲- نمایش گرافیکی پیشرفت تولید سوخت‌های زیستی (Dutta et al., ۲۰۱٤)

۳- نتایج

- طبقه بندی سوخت های زیستی

سوخت‌هایی که توسط فرآیند بیولوژیکی تولید می‌شوند به عنوان سوخت زیستی شناخته می‌شوند. در تولید این سوخت‌ها منابع بیولوژیکی مختلف مانند کشاورزی و هضم بی هوازی درگیر هستند اما توسط فرآیندهای زمین‌شناسی مانند تشکیل سوخت‌های فسیلی تشکیل نشده‌اند. سوخت زیستی یک منبع انرژی تجدید پذیر است که از مواد آلی یا زائد تولید می شوند. از آنجایی که تاثیر سوخت های زیستی بر تولید کربن می تواند خنثی یا حتی منفی باشند، نقش مهمی در کربن زدایی تولید برق دارند. بطور کلی سوخت های زیستی مطابق شکل ۲ به دو دسته تقسیم می‌شوند (Datta, ۲۰۱۹):

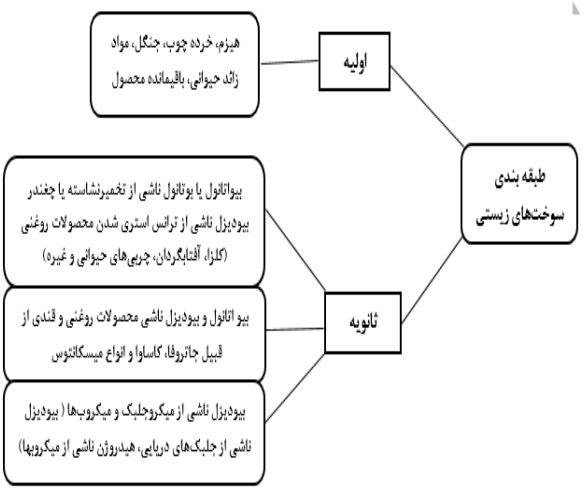
- سوخت های زیستی اولیه

سوخت های زیستی اولیه بطور مستقیم و بدون هیچگونه فرایند تبدیلی به‌صورت فرآوری نشده عموماً برای گرمایش، پخت و پز یا تولید برق استفاده می شوند. انواع زیست توده شامل محصولات کشاورزی، مواد زائد حیوانی، مواد زائد جنگلی، محصولات جانبی شیلات ، مواد زائد شهری و محصولات جانبی و زائدات خدمات غذایی است (Facts, ۲۰۱٦; Datta, ۲۰۱۹).

- سوخت های زیستی ثانویه

از طریق فرآیند تبدیل تولید می شوند که از سوخت زیستی اولیه به عنوان ورودی استفاده می کند. سوخت های زیستی ثانویه شامل مایعات زیستی و گازهای زیستی هستند که به طور گسترده در حمل و

نقل و اهداف صنعتی استفاده می شوند و از طریق فرآیند تبدیلی ایجاد می شوند که از زیست توده به عنوان ورودی استفاده می کند. فرایندهای تبدیلی برای سوخت های زیستی ثانویه شامل تبدیل سوخت مایع، گازی سازی و هضم می باشد (Facts, ۲۰۱۹ ;Datta, **۲۰۱۶**). طبقه بندی انواع سوخت های زیستی بصورت اولیه و ثانویه در شکل ۱ نشان داده شده است (Atadashi et al., ۲۰۱۶; Rodionova et al., ۲۰۱۶).



شکل ۲- طبقه بندی سوخت های زیستی (Datta, ۲۰۱۹)

- انواع سوخت زیستی بر اساس ماده اولیه

سوخت‌های‌زیستی، به ویژه سوخت‌های‌زیستی مایع بر اساس مواد اولیه مورد استفاده در تولید دارای چهار نسل نوع اول، دوم، سوم و چهارم هستند که نسل دوم و سوم را سوخت های زیستی پیشرفته می نامند. منابع تولید نسل‌های مختلف سوخت‌های زیستی و همچنین سوخت های زیستی از مواد اولیه تا استفاده نهایی به اختصار در شکل‌های ۳ و ٤ نشان داده شده است.

- سوختهای زیستی نسل اول (متداول)

سوخت‌های نسل اول یا سوخت‌های‌زیستی متداول، سوخت‌های تولید شده از محصولات غذایی و زراعی می‌باشند. با تولید این نوع از سوخت زیستی، امنیت غذایی و بحران‌های ناشی از آن ایجاد می‌شود. نسل اول سوخت‌های‌زیستی از قند، نشاسته، روغن و چربی حیوانی و گیاهی به‌دست می‌آیند که با استفاده از فرایندها یا فناوری‌هایی که در حال حاضر شناخته شده، تولید می‌شوند. این سوخت‌ها شامل دیزل‌زیستی، الکل‌زیستی، اتانول و گازهای‌زیستی مانند متان می‌باشند. در این نسل مواد غذایی با ارزش و بعضاً استراتژیک فقط برای تولید سوخت زیستی باید کشت شود که این امر موجب به خطر انداختن امنیت چرخه غذایی می‌شود و هم‌چنین کشت محصولات برای تولید سوخت زیستی لزوماً اقتصادی نمی‌باشد (Dahman et al., ۲۰۱۹b; Datta, ۲۰۱۹; Joshi et al., ۲۰۱۹).

- منابع سوخت‌های زیستی نسل اول: مواد غذایی و قندی

مواد اولیه اصلی برای تولید سوخت‌های نسل اول شامل محصولات خوراکی (غذایی) مانند ذرت، گندم، روغن نخل، سویا، روغن نباتی خوراکی، کلزا، ذرت، غلات، نیشکر، چوب، غلات، کاه، زغال سنگ ، زباله های خانگی و کود خشک است (Awogbemi et al., ۲۰۲۱). اولین نوع سوخت های زیستی از قندها، نشاسته ها، روغن های گیاهی یا چربی های حیوانی ساخته می شوند. مواد اولیه آنها معمولاً غلاتی مانند ذرت و گندم است که از آنها نشاسته تخمیر شده و اتانول تولید می شود. یا دانه های آفتابگردان و سویا که روغن آن استخراج می شود و به عنوان سوخت دیزل استفاده می شود. این مواد به جای ورود به زنجیره غذایی انسان یا خوراک دام، در تولید انرژی سوخت مورد استفاده قرار می گیرند که قیمت آنها را افزایش داده و انتقادات جهانی را به دنبال داشته است.

- سوخت‌های زیستی نسل دوم (پیشرفته)

با افزایش انتقادات از قابلیت پایداری سوخت های زیستی نسل اول، توجه‌ها به سوی پتانسیلی که سوخت های زیستی نسل دوم نامیده می‌شود، معطوف شد. تولید سوخت های زیستی نسل دوم، بر پایه انتخاب مواد اولیه و تکنیک های کشاورزی، پتانسیلی را برای تامین مزایایی مانند مصرف ضایعات و استفاده از زمین‌های بایر فراهم می‌کند. نسل دوم سوخت‌های‌زیستی از محصولات غیر غذایی یا ضایعات کشاورزی، به ویژه زیست‌توده‌های لیگنوسلولزی تولید می‌شوند. سوخت زیستی مشتق شده از زیست توده سلولزی (سلولز، همی سلولز و لیگنین) با روشی پایدارتر به عنوان سوخت زیستی نسل دوم شناخته شد. سوخت های زیستی نسل دوم به عنوان سوخت های زیستی پیشرفته نیز شناخته می شوند زیرا استخراج سوخت از این منبع بسیار دشوار است. مواد اولیه این نسل از سوخت‌ها، جزو مواد غذایی محسوب نمی‌شوند. مواد اولیه مورد استفاده در این نسل، می‌توانند ضایعات و پسماندهای محصولات کشاورزی و غذایی باشد و یا محصولاتی که ارزش تغذیه‌ای

برای انسان ندارند و در زمین‌های نامرغوب با هزینه‌های جاری بسیار کم رشد می‌کنند. هم‌چنین ضایعات فضای سبز و جنگل‌ها نیز جزو مواد لیگنوسلولزی هستند که موجب تولید سوخت‌های‌زیستی نسل دوم می‌شوند. با وجود مزایای فراوان این نسل از سوخت‌ها، ممکن است استخراج سوخت از مواد اولیه ذکر شده دشوار باشد. به عنوان مثال، ممکن است یک سری از پیش‌تیمارهای فیزیکی و شیمیایی برای تبدیل زیست‌توده لیگنوسلولوزی به سوخت‌های مایع مورد نیاز باشد. سوخت زیستی نسل دوم را عموماً کربن خنثی یا کربن منفی از نظر تأثیر آنها بر غلظت دی اکسید کربن می نامند. فراوانی نسبتاً آسان‌تر مواد اولیه غیر علوفه‌ای از گیاهان، آن را در مقایسه با سوخت زیستی نسل اول اقتصادی‌تر می‌کند (Datt et al., ۲۰۱۹; Ria et al., ۲۰۲۲).

- منابع سوخت های زیستی نسل دوم: مواد سلولزی و ضایعات کشاورزی

سلولز منبع سوخت های زیستی نوع دوم است که ماده اصلی دیواره های سلولی گیاهی است. مواد سلولزی متنوع و فراوان هستند اما در برخی موارد دفع آنها مانند پوست مرکبات یا خاک اره با مشکل مواجه می شود. به همین دلیل، از مواد سلولزی برای تولید اتانولی استفاده شده است که غذا را مصرف نمی کند و بنابراین در رقابت با زنجیره غذایی انسان یا خوراک دام نیست (Muddasar, ۲۰۲۲).

در طبیعت، میکروارگانیسم ها مواد سلولزی مانند علف‌ها را می‌خورند و با استفاده از آنزیم‌های موجود در دستگاه گوارش، سلولز را به گلوکز تبدیل می‌کنند (Meyer etal., ۲۰۱۸). برای مشکلات تولید اتانول از سلولز در آزمایشگاه با استفاده از الگوی طبیعت، سلولز به روش های مختلف تجزیه می شود و قند تولید شده پس از تخمیر به اتانول تبدیل می شود (Tse et al., ۲۰۲۱). بنابراین، تحقیقاتی انجام شده است که می تواند میکروارگانیسم ها را تحریک کند تا سلولز و همی سلولز را تجزیه کند و همچنین تمام قندهای تولید شده را به اتانول تبدیل کند. بنابراین برای تجزیه سلولز علاوه بر باکتری باید آنزیم نیز اضافه کرد (Horn et al., ۲۰۱۲).

مزیت تحمل دماهای بالاتر توسط باکتری ها این است که آنزیم ها در دماهای بالاتر فعال تر می شوند، بنابراین آنزیم های کمتری برای تجزیه سلولز مورد نیاز خواهد بود (Ayeni, ۲۰۱۳). اگر یک آنزیم یا مجموعه ای از میکروارگانیسم ها را بتوان برای تجزیه همزمان سلولز و همی سلولز و تبدیل قندهای تولید شده به اتانول استفاده کرد، مقرون به صرفه خواهد بود و در نتیجه تولید اتانول از سلولز را صنعتی می کند. به عنوان مثال، برای تولید اتانول از باگاس نیشکر، از ترکیب اسید، آنزیم و دو نوع باکتری استفاده می شود. سس سلولز با استفاده از آنزیم ها تجزیه می شود و توسط باکتری کلبسیلا اکسی توکا تخمیر می شود و پنج کربن آزاد شده از همی سلولز نیز توسط اشریشیا کلی تخمیر می شود (Muddasar, ۲۰۲۲).

امروزه با توجه به مزایای تولید اتانول از مواد سلولزی، این امر حیاتی و یکی از اهداف تولید سوخت زیستی است (Vieille and zeikus, ۲۰۰۱). تبدیل زیست توده سلولز به اتانول دشوارتر از نشاسته یا ساکارز است، اما فراوانی و ارزانی آن نسبت به سایر منابع مناسب تر است. اتانول نیز از نشاسته و ساکارز در رقابت با غذای انسان و خوراک دام تولید می شود که برای سلولز مشکلی ایجاد نمی کند(Smullen, et al., ۲۰۱۹).

زیست توده سلولزی را می توان در انواع آب و هوا و خاک به دست آورد (Medina and Magalhaes, ۲۰۲۱). برای تولید ذرت، نیشکر و چغندرقند به انرژی زیادی نیاز است در حالی که سوختن لیگنین در مواد سلولزی می تواند انرژی تولید کند. ضایعات ذرت، نیشکر و چغندرقند حاوی سلولز هستند و تبدیل آنها به اتانول گامی در جهت کاهش مشکلات زیست محیطی است. زیرا در حال حاضر این مواد سوزانده می شوند که علاوه بر هزینه بر بودن، محیط زیست را نیز آلوده می کنند (Mihajlovski, et al., ۲۰۲۱).

- مقایسه بین سوخت های زیستی نسل اول و دوم:

اگر چه کاربرد سوخت های زیستی نسل اول و دوم ممکن است کاهش یابد اما سوخت های زیستی نسل دوم بسیاری از مسائل و مشکلات مرتبط با سوخت های زیستی نسل اول را برطرف می کنند. سوخت های زیستی نسل دوم بین سوخت و محصولات غذایی رقابت نمی‌کنند زیرا آنها از زیست توده های جداگانه به دست می آیند. سوخت های زیستی نسل دوم بازده انرژی بالاتری در هر هکتار نسبت به سوخت های نسل اول ایجاد می‌کنند. سوخت های زیستی نسل دوم قابلیت تولید در زمین‌های با کیفیت پایین را دارند، درحالیکه چنین

زمین‌هایی ممکن است محیط مناسبی برای رشد محصولات غذایی نباشند. این فناوری نسبتاً نابالغ است، بنابراین همچنان چشم انداز کاهش هزینه‌ها و افزایش راندمان تولید در آینده وجود دارد زیرا پیشرفت‌های علمی به‌طور شگفت‌آوری اتفاق می‌افتند. با این حال، برخی از زیست توده‌ها برای سوخت‌های زیستی نسل دوم هنوز با کاربری زمین رقابت می‌کنند، زیرا برخی از زیست‌توده در شرایط آب و هوایی مشابه محصولات غذایی رشد می‌کنند. این امر منجر به تصمیم گیری سخت کشاورزان و سیاست گذاران در مورد کشت محصول می شود. منابع سلولزی از قبیل ذرت (برگ، ساقه و ساقه ذرت) که در کنار محصولات غذایی رشد می کنند می توانند برای زیست توده استفاده شوند، با این حال، این منابع مواد مغذی زیادی را از خاک کم می کنند و بایستی از طریق کود دوباره جایگزین شوند. علاوه بر این، فرآیند تولید سوخت‌های نسل دوم پیچیده‌تر از سوخت‌های زیستی نسل اول است زیرا برای آزادسازی قندهای به دام افتاده نیاز به تخلیه (برداشت) زیست توده دارد که نیازمند انرژی و مواد بیشتری است (Datta et al., ۲۰۱۹).مزیت بزرگ این سوخت‌ها، گستره وسیعی از مواد اولیه است که می‌توان از آن برای تولید سوخت زیستی و همچنین هزینه‌های مواد اولیه متراکم (مانند محصولات سلولزی) استفاده کرد. با استفاده از یک رویکرد جامع، سوخت های زیستی مزایای اقتصادی زیادی نسبت به سوخت های فسیلی ارائه می دهند، اما مقایسه مستقیم هزینه ها دشوار است. اثرات خارجی منفی مرتبط با سوخت‌های فسیلی، مانند هزینه‌های نظامی و هزینه‌های مربوط به سلامت و محیط زیست، معمولاً به میزان کمی تعیین می‌شوند. با این حال، سوخت های زیستی دارای پتانسیل ایجاد بسیاری از اثرات جانبی سازنده مانند کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش آلودگی هوا و ایجاد شغل است. در عین حال سوخت های زیستی وابستگی به واردات نفت خام را نیز کاهش می دهند. در نتیجه، سوخت های زیستی از نظر اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی مطلوب تر هستند. سوخت مایع قابل استفاده اغلب در محاسبات هزینه مستقیم نادیده گرفته می شود. بنابراین، سوخت‌های زیستی اغلب غیررقابتی به نظر می‌رسند، اگرچه بازار سوخت‌های زیستی ممکن است در مقایسه با هزینه‌های زیست‌محیطی و اجتماعی، مزایای اقتصادی پایدارتری را ارائه دهد (Naik et al., ۲۰۱۰; Datta et al., ۲۰۱۹).

- سوخت‌های زیستی نسل سوم

سوخت‌های زیست نسل سوم گونه‌ای سوخت زیستی است که از جلبک بدست می آید. جلبک‌ها در هنگام فتوسنتز، گاز کربن دی اکسید کربن و نور خورشید را دریافت کرده و آن را به اکسیژن و زیست توده تبدیل می‌کنند. توسعه کشت جلبک به دهه ۱۹۵۰ بازمی گردد که با هدف استفاده در صنایع غذایی ودارویی صورت گرفت (Awogbemi et al., ۲۰۲۱; Tseten and Murthy, ۲۰۱٤).

آزمایشات فراوانی بر روی جلبک‌ها به عنوان منبع غنی از چربی برای تولید سوخت‌های‌زیستی مایع انجام شده است. با استخراج چربی و هم‌چنین استفاده مستقیم از این جلبک‌ها، سوخت‌های‌زیستی نسل سوم تولید شده‌اند. پرورش و کشت جلبک‌ها به عنوان منبع غنی از چربی برای اولین بار در سال‌های ۱۹۷۸ تا ۱۹۹٦ در آمریکا مورد آزمایش قرار گرفته است. ایده پرورش این جلبک‌ها در تصفیه‌خانه فاضلاب نیز توسط محققان آمریکایی پیشنهاد شده است. تولید جلبک برای تولید سوخت هنوز در مقیاس تجاری، جایگاه خود را نیافته است اما مطالعات امکان‌سنجی برای دستیابی به عملکرد بالا صورت گرفته است. تولید سوخت‌های نسل سوم باعث کاهش تولید مواد غذایی نمی‌شود و هم‌چنین نیازی به زمین‌های کشاورزی و آب شیرین نیست (زیست- فن، ۲۰۲۱). مفهوم سوخت زیستی نسل سوم عمدتاً به سوخت زیستی مبتنی بر جلبک اطلاق می شود، زیرا بازدهی بسیار بالاتری (تا ۹۰۰۰ لیتر سوخت زیستی در هر هکتار را نگه می دارد که ۱۰ برابر بیشتر از بهترین مواد اولیه سنتی تولید می کند) در مقایسه با سایر مواد اولیه تولید سوخت همراه با طیف گسترده‌تری از سوخت‌ها/ مواد شیمیایی با ارزش دیگر مانند متان زیستی، بیودیزل، بیو اتانول، زیست بوتانول، روغن‌های گیاهی بنزین و سوخت جت دارد (Brennan and Owende, ۲۰۱۰; Nika et al., ۲۰۱۰). علاوه بر این، مزیت اصلی زیست توده جلبک ها این است که می توانند بر روی منابع مختلف کربن رشد کنند، یعنی مستقیماً روی منابع انتشار کربن (نیروگاه ها، صنعت و غیره) رشد می‌کنند تا انتشار گازهای گلخانه ای را مستقیماً به سوخت قابل استفاده با انتشار صفر دی اکسید کربن تبدیل کنند(Maity et al., ۲۰۱٤). چالش های

اصلی مرتبط با سوخت زیستی نسل سوم، کشت ریز جلبک ها در مقیاس بسیار بزرگ به منظور پاسخگویی به تقاضای صنعت است، زیرا آنها به مقدار زیادی آب، نیتروژن و فسفر نیاز دارند (Slade and Bauen, ۲۰۱۳). بنابراین، تولید کودهایی که برای رشد جلبک‌ها نیاز دارند، به انرژی بسیار بیشتری نیاز دارد و گازهای گلخانه‌ای تولید می‌کند که محصول می‌تواند در آب و هوای سبز نقش داشته باشد (Slade and Bauen, ۲۰۱۳; Maity et al., تقاضای واضحی برای فناوری‌های جدید و زنجیره‌های ارزشمند برای استفاده تجاری از سوخت زیستی نسل دوم و سوم وجود دارد. این سوخت های زیستی پیشرفته در مقایسه با سوخت های زیستی نسل اول (مثلاً اتانول زیستی مبتنی بر ذرت، بیودیزل مبتنی بر بقایای دانه های روغنی) مزایای بیشتری دارند و مشخص شده که معیارهای پایداری بهتری دارند(Escobar et al., ۲۰۰۹). سوخت زیستی نسل دوم را می توان از محصولات غیرغذایی تولید کرد و حتی برای تولید سوخت زیستی نسل سوم نیازی به زمین ندارد (Atabani et al., ۲۰۱۴; Nika et al., ۲۰۱۰).منابع سوخت‌های زیستی نوع سوم: زیست توده ناشی از جلبک‌منابع اولیه سوخت‌های زیستی نسل سوم شامل منابع محتملی است که بر زنجیره غذایی تأثیر نمی‌گذارد، به راحتی در دسترس هستند و نسبت به پارامترهای محیطی انعطاف پذیر هستند. این منابع عمدتاً ریزجلبک‌ها، روغن‌های حیوانی، روغن ماهی، ضایعات روغن‌های پخت و پز، چربی حیوانی و غیره هستند (Mahapatra et al., ۲۰۲۱). از مزایای استفاده از جلبک در تولید سوخت زیستی می توان به نیاز کم جلبک و تولید سوخت زیستی بالا اشاره کرد. به عنوان مثال جلبک ها در هر هکتار ۳۰ برابر بیشتر از سویا انرژی تولید می کنند. جلبک هایی مانند کلرلا ولگاریس را می توان به راحتی پرورش داد، اما استخراج روغن دشوار است (Cho, et al., ۲۰۲۱).

- مقایسه بین سوخت های زیستی نسل دوم و سوم:

سوخت های زیستی نسل سوم انرژی نسبتاً بیشتری نسبت به سوخت های زیستی نسل اول و دوم به ازای مساحت برداشت دارند. آنها به عنوان منابع انرژی کم هزینه، پرانرژی و کاملاً تجدید پذیر تولید می شوند. جلبک ها از این جهت سودآور هستند که قابلیت رشد در مناطق نامناسب برای کشت سوخت‌های زیستی نسل‌های اول و دوم را دارند که این امر باعث کاهش فشار بر استفاده از منابع آب و زمین های زراعی مورد استفاده می شود. جلبک‌ها را می توان به راحتی با استفاده از فاضلاب، پساب و منابع آب شور از فبیل اقیانوس ها یا دریاچه های نمک توسعه داد. به همین دلیل، نیاز به استفاده از آبی که در غیر این صورت برای مصارف انسانی استفاده می شود، ضروری نیست. با این حال، هنوز تحقیقات بیشتری برای ادامه روند حذف به منظور رقابتی شدن آن با پترودیزل و سایر سوخت‌های مبتنی بر نفت، باید انجام شود. برای یک فرآیند اقتصادی در مقایسه با سایر فرایند، یک روش برداشت مقرون به صرفه و کارآمد با انرژی ورودی پایین ضروری است. برای ساخت سوخت‌های زیستی میکرو جلبکی کم‌هزینه نیاز به تکنیک‌های برتر تولید زیست‌توده، تولید زیست‌توده بیشتر با بهره‌وری بیشتر از طریق اصلاح ژنتیکی است که امید زیست‌شناسی جلبکی خواهد بود. بنابراین، روش‌های معمول در حال استفاده برداشت جلبک، مفهوم پالایشگاه زیستی، پیشرفت‌ها در طراحی بیوراکتور نوری و سایر فناوری‌ها منجر به کاهش بیشتر قیمت تولید سوخت زیستی جلبکی می‌شود که مطمئناً در آینده نزدیک یک منبع رقابتی خواهد بود. بودجه و هزینه‌های عملیاتی تولید سوخت‌های زیستی نسل سوم بسیار زیاد است. بنابراین، برخی از زیربخش‌ها برای تحقیق و توسعه بیشتر مورد نیاز هستند تا به سطحی برسند که فرآیندی پایدار برای تولید سوخت زیستی پایدار در مقیاس صنعتی باشند (Datta et al., ۲۰۱۹).

- سوخت‌های زیستی نسل چهارم‌نسل چهارم سوخت‌های زیستی از گیاهان مهندسی‌شده یا زیست‌توده که ممکن است عملکرد انرژی بیشتر داشته باشند، تشکیل شده است. این نوع از مواد نیاز کمتری به شکست سلولزی دارند و هم‌چنین قادر به رشد در زمین‌های غیر کشاورزی و بدون آب هستند (زیست- فن، ۲۰۲۱). سوخت های زیستی نسل چهارم نه تنها در جهت تولید انرژی پایدار است بلکه روشی برای جذب دی اکسید کربن نیز می باشد. مواد زیست توده که در حال رشد هستند؛ دی اکسید کربن را جذب کرده و با استفاده از همان روش سوخت های زیستی نسل دوم را به سوخت تبدیل می کنند (Ziolkowska, ۲۰۲۰). برخلاف سوخت های زیستی نسل دوم و

سوم، تولید سوخت‌های زیستی نسل چهارم، تولید پایدار را تضمین می‌کند و انتشار CO_2 ناشی از احتراق سوخت اکسیژن‌دار را در کل مراحل تولید جذب می کند. بکارگیری فناوری های تولید، هزینه های تولید را به شدت کاهش داده و آن را از نظر اقتصادی رقابتی کرده است. نمونه های اصلی سوخت های زیستی نسل چهارم شامل دیزل هیدروژنه تجدیدپذیر، بیو بنزین، سوخت هوانوردی سبز، روغن گیاهی و بیودیزل است (Chew et al., ۲۰۱۹).منابع سوخت های زیستی نسل چهارم: تبدیل سوخت های زیستی‌سوخت های زیستی نسل چهارم مبتنی بر تبدیل روغن های گیاهی و بیودیزل به بنزین است. تحقیقات همچنین در حال انجام است تا اطمینان حاصل شود که میکروارگانیسم ها می توانند سوخت را مستقیماً از دی اکسید کربن تولید کنند (Thanigaivel, et al., ۲۰۲۱). منابع تولید نسل‌های مختلف سوختهای زیستی به اختصار در شکل ٤ نشان داده شده است.

شکل ٤- منابع تولید نسل‌های مختلف سوخت‌های زیستی

- مزایا و معایب انواع سوخت‌های زیستی

نیاز به یک جایگزین پایدار و بادوام برای منابع انرژی محدود باعث توسعه سوخت‌های زیستی شد. ویژگی اصلی سوخت‌های زیستی اولیه که به عنوان سوخت زیستی طبیعی (Noraini et al., ۲۰۱٤) یا سوخت زیستی تولید صفر نیز شناخته می‌شود، این است که بدون هیچ گونه اصلاح، تغییر، پردازش یا پیش تصفیه، از آن‌ها به شکلی وجود دارند، استفاده می‌شوند که نمونه‌هایی از سوخت‌های زیستی اولیه شامل هیزم، تراشه‌های چوب، فضولات حیوانی، بقایای جنگل‌ها و محصولات کشاورزی و گاز محل دفن زباله است. زمینه های قابل توجه استفاده از سوخت های زیستی اولیه شامل پخت و پز، گرمایش خانگی، کوره های آجرپزی، خشک کردن، برشته کردن و تولید برق است. این نوع سوخت زیستی به راحتی در دسترس است و استفاده از آن به مهارت یا زیرساخت خاصی نیاز ندارد. با این حال، استفاده از آنها خام است، کیفیت هوا را به خطر می اندازد و ممکن است بر سلامت کاربر تأثیر منفی بگذارد (Knapczyk et al., ۲۰۲۰; Isahand and Ozbay, ۲۰۲۰). مزایا و معایب سوخت های زیستی اولیه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مزایا و معایب سوخت های زیستی اولیه (Singh etal., ۲۰۲۰)

مزایا	معایب
▪ به راحتی در دسترس است ▪ نیازی به فناوری‌های تبدیلی نیست ▪ بدون نیاز به زیرساخت برای تبدیل ▪ مقرون به صرفه	▪ ناکارآمدی احتراق ▪ استفاده وکاربردهای محدود ▪ عمدتا به شکل جامد است.

اگرچه سوخت‌های زیستی نسل اول زیست تخریب پذیر هستند و مزایای زیست محیطی و اجتماعی زیادی دارند، مواد غذایی در مقابل سوخت و نیاز به زمین و زمان وسیع برای رشد مواد اولیه خوراکی برخی از معایب آنها هستند. همچنین هزینه بالای مواد اولیه که بیش از ۷۰ درصد هزینه تولید را مصرف می کند نیز از عوامل محدود کننده است (Callegari et al., ۲۰۲۰; Al Hatrooshi et al., ۲۰۲۰). مزایا و معایب سوخت های زیستی نسل اول در جدول ۲ ارائه شده است.با افزایش انتقادات از قابلیت پایداری سوخت های زیستی نسل اول، توجه‌ها به سوی پتانسیلی که سوخت های زیستی نسل دوم نامیده می‌شود، معطوف شد. در حقیقت سوخت های زیستی نسل دوم به عنوان راه حلی برای برخی از معایب مرتبط با سوختهای زیستی نسل اول توسعه یافته اند و می توانند از مواد اولیه غیرخوراکی مانند زائدات روغن‌های پخت و پز، چربی های حیوانی، روغن‌های بازیافتی و زیست توده لیگنوسلولزی، مانند چمن، چوب، باگاس نیشکر، بقایای کشاورزی، بقایای جنگل‌ها، و مواد زائد جامد شهری و همچنین از بیواتانول، بیودیزل، بیوگاز سنتز، تبدیل زیست توده به بیودیزل مایع، بیو هیدروژن، الکل زیستی و روغن زیستی تولید شوند (Awogbemi et al., ۲۰۲۱). سوخت های زیستی نسل دوم زنجیره غذایی را تحت تأثیر قرار نمی دهد و هزینه مواد اولیه نسبتاً پایین است، اما فناوری های تولید هنوز پیچیده هستند و هنوز تجاری نشده اند (Jamwal et al., ۲۰۲۰; Sindhu et al., ۲۰۱۹).

مزایا و معایب سوخت های زیستی نسل دوم در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۲- مزایا و معایب سوخت های زیستی نسل اول (Soriano et al., ۲۰۲۰; Saini et al., ۲۰۲۰)

مزایا	معایب
▪ تجزیه‌پذیری زیستی ▪ مواد اولیه به راحتی در دسترس است ▪ از نظر زیست محیطی و اجتماعی مفید است ▪ اطمینان از در دسترس بودن انرژی ▪ کاربردهای گسترده ▪ ترکیب آسان با سوخت مبتنی بر نفت ▪ جابجایی و حمل و نقل ایمن	▪ رقابت با غذا ▪ منجر به بحث غذا در مقابل سوخت می‌شود. ▪ رشد مواد اولیه مستلزم زمین زراعی بزرگ و زمان زیادی است ▪ نیاز به نهاده های کشاورزی مانند کود، علف‌کش و نیروی انسانی ▪ دارای بالاترین ردپای کربن نسبت به سایر نسل‌ها

چالش های مرتبط با سوخت‌های زیستی نسل اول و دوم، به ویژه در مورد انتخاب مواد اولیه باعث توسعه سوخت‌های زیستی نسل سوم شد. جلبکها که خوراک اصلی سوخت‌های زیستی نسل سوم هستند، با زنجیره غذایی تداخلی ندارند و به زمین یا آب شیرین برای کشت، چه به صورت طبیعی و چه مصنوعی نیاز ندارند. سایر مواد اولیه برای تولید سوخت‌های زیستی نسل سوم شامل مخمر، قارچ ها و سیانوباکتری ها هستند. نمونه های سوخت‌های زیستی نسل سوم شامل بیواتانول، روغن نباتی، بیودیزل، بیومتانول و سوخت جت می باشد. در سال های اخیر، سوخت‌های زیستی نسل سوم سرمایه گذاری بیشتری را به ویژه در تکنولوژیهای کشت و تبدیل جلبک جذب کرده ا است (Nwoba et al., ۲۰۲۰ shokkumar, Veeramuthu, and Ngamcharussrivichai ۲۰۲۱). مزایا و معایب سوخت های زیستی نسل دوم در جدول ٤ ارائه شده است.سوخت های زیستی نسل چهارم با استفاده از جلبک های اصلاح شده ژنتیکی (GM) و سوخت های خورشیدی فوتوبیولوژیکی و سوخت های الکتریکی پردازش می شوند. زیست توده جلبک اصلاح شده ژنتیکی در تولید سوخت های زیستی، بهبود بازده فتوسنتزی و افزایش نفوذ نور موثر است (Abdullah et al., ۲۰۱۹; Singh et al., ۲۰۲۰). مواد خام خورشیدی سوختهای نسل چهارم به طور گسترده در دسترس هستند، از نظر اقتصادی ارزان تر و تمام نشدنی هستند. اصلاح ژنتیکی زیست توده ریز جلبکی با القای اتولیز سلول ها و سیستم های ترشح محصول، کاربرد بالقوه ای در روش استخراج روغن دارد. ابزارهای ویرایش ژنومی مانند نوکلئاز انگشت روی (ZFN)، نوکلئازهای اثرگذار شبیه رونویسی (TALEN)، و توالی‌های پالیندرومی با فاصله منظم خوشه‌ای (CRISPR/Cas۹) ابزارهای بیوانفورماتیکی هستند که به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند (Maeda et al., ۲۰۱۸; Abdullah et al., ۲۰۱۹). مزایا و معایب سوخت های زیستی نسل چهارم در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۳- مزایا و معایب سوخت های زیستی نسل دوم (Santos et al., ۲۰۲۰; Chen et al., ۲۰۱۳)

مزایا	معایب
▪ عدم رقابت با زنجیره غذایی ▪ هزینه کم مواد اولیه ▪ تمام قسمت های دانه و بقایای آن مفید هستند ▪ نیاز زمین کمتر ▪ بازدهی بیشتر در هکتار زمین ▪ امنیت انرژی ▪ برای محیط زیست مفید است ▪ تولید سایر محصولات زیستی به غیر از سوخت ▪ مواد اولیه به راحتی در مقادیر زیاد در دسترس است. ▪ در دسترس بودن فناوری و زیرساخت برای تولید مواد اولیه ▪ خواص آب پذیری کمتر و خوردگی کمتر خط لوله در طول حمل و نقل نسبت به سایر سوخت ها	▪ برای رشد مواد اولیه به زمین های زراعی قابل توجهی نیاز است. ▪ فناوری های تبدیل به طور کامل توسعه نیافته‌اند. ▪ شامل فرآیندهای پیچیده است. ▪ کمبود پیشرفت‌های تحقیقاتی و فناوری ▪ عدم وجود فناوری‌های تبدیل اثبات شده در مقیاس تجاری ▪ بقایای کشاورزی و جنگل بر حاصلخیزی خاک، فرسایش، جنگل زدایی و سوختن بوته ها تأثیر می گذارد. ▪ راندمان تبدیل کمتر از سوخت های فسیلی

جدول ٤- مزایا و معایب سوخت های زیستی نسل سوم

مزایا	معایب
▪ عدم رقابت برای زمین ▪ امنیت غذایی را تحت تاثیر قرار نمی‌دهد ▪ تراکم انرژی بالاتر در هکتار نسبت به محصولات معمولی ▪ تبدیل CO_2 به سوخت زیستی مبتنی بر جلبک ▪ کشت جلبک به زمین زراعی نیاز ندارد. ▪ جلبک ها هیچ رقابتی برای آب شیرین ندارند. ▪ مصرف CO_2 برای توسط جلبک‌های در حال رشد ▪ تولید مواد اولیه به صورت	▪ مشکل در برداشت و فرآوری ▪ هزینه بالای پردازش ▪ فقدان پیشرفت های تحقیقاتی و فناوری ▪ از نظر تجاری قابل دوام نیست. ▪ فن آوری های تولید هنوز به طور کامل توسعه نیافته اند. ▪ تبدیل مواد اولیه به محصول نهایی سوخت زیستی نیاز به فناوری های جدیدی

طبیعی یا مصنوعی. ▪ هزینه بسیار پایین مواد اولیه ▪ تجدید پذیری جلبک‌های مهندسی زیستی ▪ امنیت انرژی ▪ محتویات بدون خطر هستند. ▪ استفاده از جلبک برای تولید محصولات دیگر و تصفیه فاضلاب ▪ تنوع غذایی بالای مواد اولیه ▪ تنوع سوخت بالا ▪ سازگاری بالایی با موتورهای بنزینی معمولی دارد.	دارد. ▪ هزینه های بالای زیرساخت‌ها و یکپارچه سازی سیستم ▪ احتراق آنها NO_x و NO بیشتری نسبت به سوخت دیزل تولید می کند. ▪ نقاط ریزش و نقاط ابری زیاد اغلب منجر به انجماد سوخت و شروع مشکل در آب و هوای سرد می شود.

جدول ۵- مزایا و معایب سوخت های زیستی نسل چهارم (Bhan et al., ۲۰۲۰; Cupta, ۲۰۲۰)

مزایا	معایب
▪ کربن منفی ▪ محتوای روغن بالا ▪ می تواند مواد مصنوعی برای تولید سوخت زیستی احتمالی تولید کند ▪ امنیت انرژی ▪ توانایی بالای حذف کربن ▪ می تواند به صورت ژنتیکی و متابولیکی مهندسی شود. ▪ بهبود فرآیندهای کشت، برداشت و تخمیر	▪ هزینه بالا ▪ فناوری هنوز در مرحله تحقیق و توسعه است ▪ تبدیل مواد اولیه به محصول نهایی سوخت زیستی نیاز به فناوری های جدیدی دارد ▪ این فرآیند نیاز به انرژی ورودی بالایی دارد.

٤- بحث و نتیجه گیری

با توجه به محدودیت منابع نفتی و تجدید ناپذیری این منابع، جهان در آینده ای نه چندان دور دستخوش تغییرات زیادی خواهد شد. یکی از مهمترین و کاربردی ترین روش ها جایگزینی سوخت های فسیلی با سوخت های زیستی است. کاهش آسیب های زیست محیطی ناشی از انتشار گازهای گلخانه ای، جلوگیری از گرم شدن کره زمین از جمله دستاوردهای مهم استفاده از سوخت های زیستی است. در این مطالعه انواع سوخت‌های‌زیستی بر اساس مواد اولیه تولید مورد بررسی قرار گرفت و مزایا و معایب نسل‌های مختلف سوخت‌های زیستی به اختصار بیان شد. سوخت های زیستی نسل اول حرکتی به سمت انرژی پاک تر و تجدیدپذیر را نشان می دهند. با این حال آنها به دلیل به دلیل اینکه از زیست توده غذایی که یک منبع غذایی در جهان است به دست می آیند، دارای محدودیت هستند. زمانی که غذای کافی برای تغذیه همه وجود ندارد و میلیون ها نفر در سراسر جهان از گرسنگی رنج می برند این موضوع مشکل ایجاد می‌کند. درست است سوخت های زیستی نسل دوم بسیاری از مسائل و مشکلات مرتبط با سوخت های زیستی نسل اول را برطرف می کنند. سوخت های زیستی نسل دوم بین سوخت و محصولات غذایی رقابت نمی‌کنند زیرا از زیست توده های غیر خوراکی به دست می آیند. . با این حال، برخی از زیست توده‌ها برای سوخت‌های زیستی نسل دوم هنوز با کاربری زمین رقابت می‌کنند، زیرا برخی از زیست‌توده در شرایط آب و هوایی مشابه محصولات غذایی رشد می‌کنند. علاوه بر این، فرآیند تولید سوخت‌های نسل دوم پیچیده‌تر از سوخت‌های زیستی نسل اول است. سوخت های زیستی نسل سوم با بیشترین انتظارات مطابقت دارد، و بهترین امکان را برای به دست آوردن فرصتی برای سوخت جایگزین ارائه می‌دهند، زیرا در رابطه با مواد غذایی رقابت نمی‌کنند و بازده انرژی نسبتاً بیشتری نسبت به سوخت های زیستی نسل اول و دوم دارند. با این حال هنوز تحقیقات زیادی برای کاهش هزینه های تولید و قابل اجرا کردن این نوع سوخت به صورت تجاری و ارزان باید انجام شود. سوخت های زیستی نسل چهارم پیشرفته تر از سوختهای زیستی نسل سوم هستند. مهندسی متابولیک جلبک‌ها اساس تولید سوخت زیستی نسل چهارم را تشکیل می دهد. این سوخت نسبت به سایر سوخت‌های زیستی قابلیت جذب CO_2 و نرخ تولید بالایی دارد. با این حال، هنوز چالش هایی در ارائه آنها از نظر اقتصادی و قابلیت اجرایی وجود دارد. فناوری تولید در مرحله تحقیق و توسعه است و تبدیل مواد اولیه به محصول نهایی سوخت زیستی نیاز به فناوری‌های جدیدی دارد.

منابع

- زیست- فن، سوخت زیستی (سوخت سبز) چیست؟ کاربردها و انواع سوخت زیستی (۲۰۲۱)، https://zist-fan.ir/biopedia .
- Abdullah, Bawadi, Syed Anuar Faua'ad Syed Muhammad, Zahra Shokravi, Shahrul Ismail, Khairul Anuar Kassim, Azmi Nik Mahmood, and Md Maniruzzaman A. Aziz. "Fourth generation

biofuel: A review on risks and mitigation strategies." Renewable and sustainable energy reviews ۱۰۷ (۲۰۱۹): ۳۷-۵۰.
- Agarwal, Avinash Kumar. "Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines." Progress in energy and combustion science ۳۳, no. ۳ (۲۰۰۷): ۲۳۳-۲۷۱.
- Al Hatrooshi, Ahmed Said, Valentine C. Eze, and Adam P. Harvey. "Production of biodiesel from waste shark liver oil for biofuel applications." Renewable Energy ۱٤٥ (۲۰۲۰): ۹۹-۱۰٥.
- Alemán-Nava, Gibrán S., Victor H. Casiano-Flores, Diana L. Cárdenas-Chávez, Rocío Díaz-Chavez, Nicolae Scarlat, Jürgen Mahlknecht, Jean-Francois Dallemand, and Roberto Parra. "Renewable energy research progress in Mexico: A review." Renewable and Sustainable Energy Reviews ۳۲ (۲۰۱٤): ۱٤۰-۱٥۳.
- Ambaye, T. G., M. Vaccari, Eric D. van Hullebusch, A. Amrane, and S. Rtimi. "Mechanisms and adsorption capacities of biochar for the removal of organic and inorganic pollutants from industrial wastewater." International Journal of Environmental Science and Technology (۲۰۲۱a): ۱-۲۲.References
- Ambaye, Teklit Gebregiorgis, Mentore Vaccari, Adrián Bonilla-Petriciolet, Shiv Prasad, Eric D. van Hullebusch, and Sami Rtimi. "Emerging technologies for biofuel production: A critical review on recent progress, challenges and perspectives." Journal of environmental management ۲۹۰ (۲۰۲۱b): ۱۱۲٦۲۷.
- Anukam, Anthony, Ali Mohammadi, Muhammad Naqvi, and Karin Granström. "A review of the chemistry of anaerobic digestion: Methods of accelerating and optimizing process efficiency." Processes ۷, no. ۸ (۲۰۱۹): ٥۰٤.
- Atabani, A. E., Irfan Anjum Badruddin, Ahmad Badarudin, M. S. Khayoon, and S. Triwahyono. "Recent scenario and technologies to utilize non-edible oils for biodiesel production." Renewable and Sustainable, Energy Reviews ۳۷ (۲۰۱٤): ۸٤۰-۸٥۱.
- Atadashi, I. M., Mohamed Kheireddine Aroua, AR Abdul Aziz, and N. M. N. Sulaiman. "Production of biodiesel using high free fatty acid feedstocks." Renewable and sustainable energy reviews ۱٦, no. ٥ (۲۰۱۲): ۳۲۷٥-۳۲۸٥.
- Awogbemi, Omojola, Daramy Vandi Von Kallon, Emmanuel Idoko Onuh, and Victor Sunday Aigbodion. "An overview of the classification, production and utilization of biofuels for internal combustion engine applications." Energies ۱٤, no. ۱۸ (۲۰۲۱): ٥٦۸۷.
- Bhan, Chandra, Lata Verma, and Jiwan Singh. "Alternative fuels for sustainable development." Environmental Concerns and Sustainable Development: Volume ۱: Air, Water and Energy Resources (۲۰۲۰): ۳۱۷-۳۳۱.
- Bhatia, Shashi Kant, Sujit Sadashiv Jagtap, Ashwini Ashok Bedekar, Ravi Kant Bhatia, Karthik Rajendran, Arivalagan Pugazhendhi, Christopher V. Rao, A. E. Atabani, Gopalakrishnan Kumar, and Yung-Hun Yang. "Renewable biohydrogen production from lignocellulosic biomass using fermentation and integration of systems with other energy generation technologies." Science of the Total Environment ۷٦٥ (۲۰۲۱): ۱٤٤٤۲۹.
- Brennan, Liam, and Philip Owende. "Biofuels from microalgae—a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products." Renewable and sustainable energy reviews ۱٤, no. ۲ (۲۰۱۰): ٥٥۷-٥۷۷.
- Callegari, Arianna, Silvia Bolognesi, Daniele Cecconet, and Andrea G. Capodaglio. "Production technologies, current role, and future prospects of biofuels feedstocks: a state-of-the-art review." Critical Reviews in Environmental Science and Technology ٥۰, no. ٤ (۲۰۲۰): ۳۸٤-٤۳٦.
- Chen, Chunxiang, Xiaoqian Ma, and Kai Liu. "Thermogravimetric analysis of microalgae combustion under different oxygen supply concentrations." Applied Energy ۸۸, no. ۹ (۲۰۱۱): ۳۱۸۹-۳۱۹٦.
- Chen, Wen-Hsing, Yi-Chun Chen, and Jih-Gaw Lin. "Evaluation of biobutanol production from non-pretreated rice straw hydrolysate under non-sterile environmental conditions." Bioresource technology ۱۳٥ (۲۰۱۳): ۲٦۲-۲٦۸.
- Chew, B. C., X. B. Shen, J. Ansell, S. R. Hamid, and Y. P. Oh. "Review a Decade of BP's Technology Roadmap on the Next Generation Biofuels Development." In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, vol. ۲٦۸, no. ۱, p. ۰۱۲۰۰۹. IOP Publishing, ۲۰۱۹.
- Choi, Gi-Wook, Hyun-Ju Um, Mi-Na Kim, Yule Kim, Hyun-Woo Kang, Bong-Woo Chung, and Yang-Hoon Kim. "Isolation and characterization of ethanol-producing Schizosaccharomyces pombe CHFY۰۲۰۱." Journal of microbiology and biotechnology ۲۰, no. ٤ (۲۰۱۰): ۸۲۸-۸۳٤.

- Cuellar-Bermudez, Sara P., Jonathan S. Garcia-Perez, Bruce E. Rittmann, and Roberto Parra-Saldivar. "Photosynthetic bioenergy utilizing CO۲: an approach on flue gases utilization for third generation biofuels." Journal of Cleaner Production ۹۸ (۲۰۱۵): ۵۳-٦۵.
- Dahman, Yaser, Cherilyn Dignan, Asma Fiayaz, and Ahmad Chaudhry. "An introduction to biofuels, foods, livestock, and the environment." In Biomass, biopolymer-based materials, and bioenergy, pp. ۲٤۱-۲۷٦. Woodhead Publishing, ۲۰۱۹b.
- Dahman, Yaser, Kashif Syed, Sarkar Begum, Pallavi Roy, and Banafsheh Mohtasebi. "Biofuels: Their characteristics and analysis." In Biomass, biopolymer-based materials, and bioenergy, pp. ۲۷۷-۳۲۵. Woodhead Publishing, ۲۰۱۹a.
- Datta, Arup, Aslam Hossain, and Sanjay Roy. "An overview on biofuels and their advantages and disadvantages." Asian Journal of Chemistry (۲۰۱۹): ۱۸۵۱-۱۸۵۸.
- Dhillon, R. S., and George von Wuehlisch. "Mitigation of global warming through renewable biomass." Biomass and bioenergy ٤۸ (۲۰۱۳): ۷۵-۸۹.
- Dutta, Kasturi, Achlesh Daverey, and Jih-Gaw Lin. "Evolution retrospective for alternative fuels: First to fourth generation." Renewable energy ٦۹ (۲۰۱٤): ۱۱٤-۱۲۲.
- Escobar, José C., Electo S. Lora, Osvaldo J. Venturini, Edgar E. Yáñez, Edgar F. Castillo, and Oscar Almazan. "Biofuels: environment, technology and food security." Renewable and sustainable energy reviews ۱۳, no. ٦-۷ (۲۰۰۹): ۱۲۷۵-۱۲۸۷.
- Facts, Green. "Liquid Biofuels for Transport Prospects, risks and opportunities." Greenfacts ۱ (۲۰۱٦): ۱-۷۰.
- García, Verónica, Johanna Päkkilä, Heikki Ojamo, Esa Muurinen, and Riitta L. Keiski. "Challenges in biobutanol production: how to improve the efficiency?." Renewable and sustainable energy reviews ۱۵, no. ۲ (۲۰۱۱): ۹٦٤-۹۸۰.
- Gopinathan, Mambully Chandrasekharan, and Rajasekaran Sudhakaran. "Biofuels: opportunities and challenges in India." In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant ٤۵ (۲۰۰۹): ۳۵۰-۳۷۱.
- Gupta, Vikas. ""“Catalyst in Biorefineries” Solution to Promote Environment Sustainability in India." In Advanced Catalysis Processes in Petrochemicals and Petroleum Refining: Emerging Research and Opportunities, pp. ۱۳۹-۱۷۱. IGI Global, ۲۰۲۰.
- International Energy Agency. Energy and climate change: world energy outlook special report. International Energy Agency, ۲۰۱۵.
- Isah, Shehu, and Gulnihal Ozbay. "Valorization of food loss and wastes: Feedstocks for biofuels and valuable chemicals." Frontiers in Sustainable Food Systems ٤ (۲۰۲۰): ۸۲.
- Jamwal, Vijay Lakshmi, Nitika Kapoor, and Sumit G. Gandhi. "Biotechnology of biofuels: historical overview, business outlook and future perspectives." Biotechnology Business-Concept to Delivery (۲۰۲۰): ۱۰۹-۱۲۷.
- Joshi, Sumitkumar, Pradipkumar Hadiya, Manan Shah, and Anirbid Sircar. "Techno-economical and experimental analysis of biodiesel production from used cooking oil." BioPhysical Economics and Resource Quality ٤ (۲۰۱۹): ۱-٦.
- Mihajlovski, Katarina, Aneta Buntić, Marija Milić, Mirjana Rajilić-Stojanović, and Suzana Dimitrijević-Branković. "From agricultural waste to biofuel: enzymatic potential of a bacterial isolate Streptomyces fulvissimus CKS۷ for bioethanol production." *Waste and Biomass Valorization* ۱۲ (۲۰۲۱): ۱٦۵-۱۷٤.
- Cho, Seong-Heon, Eun-Bum Cho, Jun-Hyeok Lee, Deok Hyun Moon, Sungyup Jung, and Eilhann E. Kwon. "Synergistic benefits for hydrogen production through CO ۲-cofeeding catalytic pyrolysis of cellulosic biomass waste." *Cellulose* ۲۸ (۲۰۲۱): ٤۷۸۱-٤۷۹۲.
- Thanigaivel, S., A. K. Priya, Kingshuk Dutta, Saravanan Rajendran, and Yasser Vasseghian. "Engineering strategies and opportunities of next generation biofuel from microalgae: A perspective review on the potential bioenergy feedstock." *Fuel* ۳۱۲ (۲۰۲۲): ۱۲۲۸۲۷.
- Sadvakasova, Asemgul K., Bekzhan D. Kossalbayev, Bolatkhan K. Zayadan, Dariga K. Kirbayeva, Saleh Alwasel, and Suleyman I. Allakhverdiev. "Potential of cyanobacteria in the conversion of wastewater to biofuels." *World Journal of Microbiology and Biotechnology* ۳۷ (۲۰۲۱): ۱-۲۲.
- Malode, Shweta J., K. Keerthi Prabhu, Ronald J. Mascarenhas, Nagaraj P. Shetti, and Tejraj M. Aminabhavi. "Recent advances and viability in biofuel production." *Energy Conversion and Management: X* ۱۰ (۲۰۲۱): ۱۰۰۰۷۰.

- Kelsi, B. "Is Biopower Carbon Neutral? Specialist in Agricultural Conservation and Natural Resources Policy." (۲۰۱٦).
- Knapczyk, Adrian, Sławomir Francik, Artur Wójcik, and Zbigniew Ślipek. "Application of methods for scheduling tasks in the production of biofuels." In Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation: ICORES ۲۰۱۸, pp. ۸٦۳-۸۷۳. Springer International Publishing, ۲۰۲۰.
- Kumar, Anil, Nitin Kumar, Prashant Baredar, and Ashish Shukla. "A review on biomass energy resources, potential, conversion and policy in India." Renewable and sustainable energy reviews ٤٥ (۲۰۱٥): ٥۳۰-٥۳۹.
- Lee, Roland Arthur, and Jean-Michel Lavoie. "From first-to third-generation biofuels: Challenges of producing a commodity from a biomass of increasing complexity." Animal Frontiers ۳, no. ۲ (۲۰۱۳): ٦-۱۱.
- Lehman, Clarence and Selin, Noelle Eckley. "Biofuel". Encyclopedia Britannica, ۱۱ Feb. ۲۰۲۳, https://www.britannica.com/technology/biofuel. Accessed ۲۲ February ۲۰۲۳
- Lin, Cherng-Yuan, and Cherie Lu. "Development perspectives of promising lignocellulose feedstocks for production of advanced generation biofuels: A review." Renewable and Sustainable Energy Reviews ۱۳٦ (۲۰۲۱): ۱۱۰٤٤٥.
- Lin, Lin, Zhou Cunshan, Saritporn Vittayapadung, Shen Xiangqian, and Dong Mingdong. "Opportunities and challenges for biodiesel fuel." Applied energy ۸۸, no. ٤ (۲۰۱۱): ۱۰۲۰-۱۰۳۱.
- Maeda, Yoshiaki, Tomoko Yoshino, Tadashi Matsunaga, Mitsufumi Matsumoto, and Tsuyoshi Tanaka. "Marine microalgae for production of biofuels and chemicals." Current opinion in biotechnology ٥۰ (۲۰۱۸): ۱۱۱-۱۲۰.
- Mahapatra, Sangita, Dilip Kumar, Brajesh Singh, and Pravin Kumar Sachan. "Biofuels and their sources of production: A review on cleaner sustainable alternative against conventional fuel, in the framework of the food and energy nexus." Energy Nexus ٤ (۲۰۲۱): ۱۰۰۰۳٦.
- Maity, Jyoti Prakash, Jochen Bundschuh, Chien-Yen Chen, and Prosun Bhattacharya. "Microalgae for third generation biofuel production, mitigation of greenhouse gas emissions and wastewater treatment: Present and future perspectives–A mini review." Energy ۷۸ (۲۰۱٤): ۱۰٤-۱۱۳.
- Moka, Sudheshna, Maneesha Pande, Monika Rani, Ruchi Gakhar, Madhur Sharma, Jyoti Rani, and Ashok N. Bhaskarwar. "Alternative fuels: an overview of current trends and scope for future." Renewable and Sustainable Energy Reviews ۳۲ (۲۰۱٤): ٦۹۷-۷۱۲.
- Molinuevo-Salces, Beatriz, Berta Riaño, David Hernández, and M. Cruz García-González. "Microalgae and wastewater treatment: advantages and disadvantages." Microalgae biotechnology for development of biofuel and wastewater treatment (۲۰۱۹): ٥۰٥-٥۳۳.
- Muhammad, Gul, Md Asraful Alam, M. Mofijur, M. I. Jahirul, Yongkun Lv, Wenlong Xiong, Hwai Chyuan Ong, and Jingliang Xu. "Modern developmental aspects in the field of economical harvesting and biodiesel production from microalgae biomass." Renewable and Sustainable Energy Reviews ۱۳٥ (۲۰۲۱): ۱۱۰۲۰۹.
- Naik, Satya Narayan, Vaibhav V. Goud, Prasant K. Rout, and Ajay K. Dalai. "Production of first and second generation biofuels: a comprehensive review." *Renewable and sustainable energy reviews* ۱٤, no. ۲ (۲۰۱۰): ٥۷۸-٥۹۷.
- Naik, Satya Narayan, Vaibhav V. Goud, Prasant K. Rout, and Ajay K. Dalai. "Production of first and second generation biofuels: a comprehensive review." Renewable and sustainable energy reviews ۱٤, no. ۲ (۲۰۱۰): ٥۷۸-٥۹۷.
- Nigam, Poonam Singh, and Anoop Singh. "Production of liquid biofuels from renewable resources." Progress in energy and combustion science ۳۷, no. ۱ (۲۰۱۱): ٥۲-٦۸.
- Noraini, M. Y., Hwai Chyuan Ong, Mohamed Jan Badrul, and W. T. Chong. "A review on potential enzymatic reaction for biofuel production from algae." Renewable and sustainable energy reviews ۳۹ (۲۰۱٤): ۲٤-۳٤.
- Nwoba, Emeka G., Ashiwin Vadiveloo, Christiana N. Ogbonna, Benjamin E. Ubi, James C. Ogbonna, and Navid R. Moheimani. "Algal cultivation for treating wastewater in African developing countries: A review." CLEAN–Soil, Air, Water ٤۸, no. ۳ (۲۰۲۰): ۲۰۰۰۰٥۲.
- Passos, Fabiana, Maria Solé, Joan García, and Ivet Ferrer. "Biogas production from microalgae grown in wastewater: effect of microwave pretreatment." Applied energy ۱۰۸ (۲۰۱۳): ۱٦۸-۱۷٥.
- Pfromm, Peter H., Vincent Amanor-Boadu, Richard Nelson, Praveen Vadlani, and Ronald Madl. "Bio-butanol vs. bio-ethanol: a technical and economic assessment for corn and switchgrass

fermented by yeast or Clostridium acetobutylicum." Biomass and bioenergy ۳٤, no. ٤ (۲۰۱۰): ٥۱٥-٥۲٤.
- Pimentel, David, ed. Global economic and environmental aspects of biofuels. CRC press, ۲۰۱۲.
- Prasad, S., M. S. Dhanya, N. Gupta, and A. Kumar. "Biofuels from biomass: a sustainable alternative to energy and environment." Biochem Cell Arch ۱۲, no. ۲ (۲۰۱۲): ۲٥٥-۲٦۰.
- Prasad, Shiv, Anoop Singh, Nicholas E. Korres, Dheeraj Rathore, Surajbhan Sevda, and Deepak Pant. "Sustainable utilization of crop residues for energy generation: A life cycle assessment (LCA) perspective." Bioresource Technology ۳۰۳ (۲۰۲۰a): ۱۲۲۹٦٤.
- Prasad, Shiv, Anoop Singh, Nicholas E. Korres, Dheeraj Rathore, Surajbhan Sevda, and Deepak Pant. "Sustainable utilization of crop residues for energy generation: A life cycle assessment (LCA) perspective." Bioresource Technology ۳۰۳ (۲۰۲۰b): ۱۲۲۹٦٤.
- Rai, Ashutosh Kumar, Naief Hamoud Al Makishah, Zhiqiang Wen, Govind Gupta, Soumya Pandit, and Ram Prasad. "Recent developments in lignocellulosic biofuels, a renewable source of bioenergy." Fermentation ۸, no. ٤ (۲۰۲۲): ۱٦۱.
- Rodionova, Margarita V., Roshan Sharma Poudyal, Indira Tiwari, Roman A. Voloshin, Sergey K. Zharmukhamedov, Hong Gil Nam, Bolatkhan K. Zayadan, Barry D. Bruce, Harvey JM Hou, and Suleyman I. Allakhverdiev. "Biofuel production: challenges and opportunities." International Journal of Hydrogen Energy ٤۲, no. ۱۲ (۲۰۱۷): ۸٤٥۰-۸٤٦۱.
- Horn, Svein Jarle, Gustav Vaaje-Kolstad, Bjørge Westereng, and VincentGH Eijsink. "Novel enzymes for the degradation of cellulose." *Biotechnology for biofuels* ٥, no. ۱ (۲۰۱۲): ۱-۱۳.
- Ayeni, Augustine Omoniyi. "Short-Term Lime Pretreatment and Enzymatic Conversion of Sawdust into Ethanol." PhD diss., Covenant University, ۲۰۱۳.
- Vieille, Claire, and Gregory J. Zeikus. "Hyperthermophilic enzymes: sources, uses, and molecular mechanisms for thermostability." *Microbiology and molecular biology reviews* ٦٥, no. ۱ (۲۰۰۱): ۱-٤۳.
- Smullen, Emma, John Finnan, David Dowling, and Patricia Mulcahy. "The environmental performance of pretreatment technologies for the bioconversion of lignocellulosic biomass to ethanol." *Renewable Energy* ۱٤۲ (۲۰۱۹): ٥۲۷-٥۳٤.
- Medina, Jesús David Coral, and Antonio Irineudo Magalhaes Jr. "Ethanol production, current facts, future scenarios, and techno-economic assessment of different biorefinery configurations." *Bioethanol Technologies* ۲۳ (۲۰۲۱): ۱-۱٤.
- Saini, Sonu, Anuj K. Chandel, and Krishna Kant Sharma. "Past practices and current trends in the recovery and purification of first generation ethanol: A learning curve for lignocellulosic ethanol." Journal of cleaner production ۲٦۸ (۲۰۲۰): ۱۲۲۳٥۷.
- Santos, Fernando, Paulo Eichler, José Humberto de Queiroz, and Fernando Gomes. "Production of second-generation ethanol from sugarcane." In Sugarcane biorefinery, technology and perspectives, pp. ۱۹٥-۲۲۸. Academic Press, ۲۰۲۰.
- Senatore, Alessandro, Francesco Dalena, Alessia Sola, Alessia Marino, Valeria Valletta, and Angelo Basile. "First-generation feedstock for bioenergy production." In Second and Third Generation of Feedstocks, pp. ۳٥-٥۷. Elsevier, ۲۰۱۹.
- Sindhu, Raveendran, Parameswaran Binod, Ashok Pandey, Snehalata Ankaram, Yumin Duan, and Mukesh Kumar Awasthi. "Biofuel production from biomass: toward sustainable development." In Current developments in biotechnology and bioengineering, pp. ۷۹-۹۲. Elsevier, ۲۰۱۹.
- Singh, Digambar, Dilip Sharma, S. L. Soni, Sumit Sharma, Pushpendra Kumar Sharma, and Amit Jhalani. "A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biodiesel." Fuel ۲٦۲ (۲۰۲۰): ۱۱٦٥٥۳.
- Slade, Raphael, and Ausilio Bauen. "Micro-algae cultivation for biofuels: cost, energy balance, environmental impacts and future prospects." Biomass and bioenergy ٥۳ (۲۰۱۳): ۲۹-۳۸.
- Soriano, Arianna, Sofia Kostrinsky, and Barnabas Gikonyo. "۱٥٤—Alfalfa hay as non-human feedstock for second generation biofuels: Hope or hoax? Part II." (۲۰۲۰).
- Subhedar, Preeti B., and Parag R. Gogate. "Intensification of enzymatic hydrolysis of lignocellulose using ultrasound for efficient bioethanol production: a review." Industrial & Engineering Chemistry Research ٥۲, no. ۳٤ (۲۰۱۳): ۱۱۸۱٦-۱۱۸۲۸.
- Surriya, O., Syeda Sarah Saleem, K. Waqar, A. Gul Kazi, and M. Öztürk. "Bio-fuels: a blessing in disguise." Phytoremediation for green energy (۲۰۱٥): ۱۱-٥٤.

- Tang, Haiying, Meng Chen, K. Y. Simon Ng, and Steven O. Salley. "Continuous microalgae cultivation in a photobioreactor." Biotechnology and bioengineering ۱۰۹, no. ۱۰ (۲۰۱۲): ۲٤٦۸-۲٤۷٤.
- Tseten, Tenzin, and Thirupathihalli Pandurangappa Krishna Murthy. "Advances and biotechnological applications in biofuel production: a review." Open J Renew Sustain Energy ۱, no. ۲ (۲۰۱٤): ۲۹-۳٤.
- Voloshin, Roman A., Margarita V. Rodionova, Sergey K. Zharmukhamedov, T. N. Veziroglu, and Suleyman I. Allakhverdiev. "Biofuel production from plant and algal biomass." Alternative Energy and Ecology (ISJAEE) ۷-۹ (۲۰۱۹): ۱۲-۳۱.
- World Oil Outlook, ۲۰۱٥. Organization of the Petroleum Exporting Countries. OPEC, Vienna, ۲۰۱٥.
- Xie, Qinglong, Sifang Kong, Yangsheng Liu, and Hui Zeng. "Syngas production by two-stage method of biomass catalytic pyrolysis and gasification." Bioresource technology ۱۱۰ (۲۰۱۲): ٦۰۳-٦۰۹.
- Y.M. Sani, W. Daud, A.A. Aziz, Biodiesel feedstock and production technologies: Successes, challenges and prospects, Biodiesel-Feedstocks, Production, and Applications, ۱۰ (۲۰۱۲) ٥۲۷۹۰.
- Veeramuthu, C. Ngamcharussrivichai, Potential of microalgal biodiesel: Challenges and applications, in Renewable Energy-Technologies and Applications, IntechOpen, (۲۰۲۰).
- Torkashvand, M., A. Hasan-Zadeh, and A. Torkashvand. "Mini Review on Importance, Application, Advantages and Disadvantages of Biofuels." *J. Mater. Environ. Sci* ۲۰۲۲, no. ٦ (۲۰۲۲).
- Muddasar, Muhammad. "Biogas Production from Organic wastes and Iron as an Additive–A Short Review." (۲۰۲۲).Meyer, A. K. P., E. A. Ehimen, and J. B. Holm-Nielsen. "Future European biogas: Animal manure, straw and grass potentials for a sustainable European biogas production." *Biomass and Bioenergy* ۱۱۱ (۲۰۱۸): ۱٥٤-۱٦٤.
- Zabaniotou, A., O. Ioannidou, and V. Skoulou. "Rapeseed residues utilization for energy and ۲nd generation biofuels." Fuel ۸۷, no. ۸-۹ (۲۰۰۸): ۱٤۹۲-۱٥۰۲.
- Zabermawi, Nidal M., Faten AS Alsulaimany, Mohamed T. El-Saadony, and Khaled A. El-Tarabily. "New eco-friendly trends to produce biofuel and bioenergy from microorganisms: An updated review." Saudi Journal of Biological Sciences (۲۰۲۲).
- Ziolkowska, Jadwiga R. "Biofuels technologies: An overview of feedstocks, processes, and technologies." Biofuels for a more sustainable future (۲۰۲۰): ۱-۱۹.

An overview of production sources, advantages and disadvantages of biofuels

Mohammad Safari [۱], Nasim Moussakhani[۲], Gholamhossein Safari [۳,۲,*]

۱- Medical student of Islamic Azad University of Kerman, Kerman, Iran.
۲- BSc, Student Research Committee, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
۳- Health and Environment Research Center, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran
٤- Department of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

* Corresponding author email: hsafari۱۳@yahoo.com

Abstract:

Today, the world is facing a huge crisis due to the increase in global energy demand and the greenhouse gases (GHGs) emissions caused by the use of fossil fuels. The consumption of energy carriers produces large amounts of carbon dioxide and other pollutants that pollute the environment. According to the reports of the World Energy Organization in ۲۰۱۹, the amount of carbon dioxide emissions has increased by ۰,٥٪ and primary energy consumption by ۱,۳٪ worldwide, which can be a warning for humans and the environment. On the other hand, most of the world's energy needs are provided by oil, coal and natural gas resources, all of which are limited and will be exhausted in a short time with the current consumption. The severe decrease in fossil fuel resources, the industrialization of most countries, their dependence on energy, and as a result the increase in the global price of fuel, on the one hand, has caused an energy crisis, and on the other hand, the increase in fuel consumption and inaccuracy in the way it is used has caused It has become a global environmental crisis. Therefore, the energy crisis, pollution and environmental effects caused by the use of fossil fuels have caused humankind to look for new sources of renewable energy, which is a type of renewable energy, biofuels. Biofuels are classified into four categories of first, second, third and fourth generation biofuels based on the raw materials used in their production. The first generation biofuels include biomass related to food products, while the second generation includes lignocellulosic biomass. The third generation has potentially renewable resources in the form of algal biomass, while the fourth generation includes genetically modified (GM) algal biomass. The main purpose of the article is to review the various sources of biofuels, compare different generations of biofuels and discuss the advantages and disadvantages of different types of biofuels.

Introduction

Dramatic industrial progress, innovation in style, and the increase in the number of vehicles in the world have led to a dramatic increase in living off oil. Currently, more than ۸۰٪ of the primary energy consumption in the whole world is fueled by oil, of which ٦۰٪ is the share of energy and consumption. The continuous exploitation of oil fuel reserves to meet the available energy is the rapid use of these energy sources. The continuous growth and fluctuations of crude oil prices, along with the major contribution to the emission of greenhouse gases (GHGs) by their consumption, cause negative effects on human health along with the earth's ecology. Therefore, finding alternative energy sources is a new need, which should be variable, sustainable, environmentally friendly, efficient and economical.

The report of the International Energy Agency (۲۰۱٥) predicted that oil and gas reserves and crude oil supply shortages are likely to bring a severe energy security emergency to the world. It is estimated that the growing demand for energy will exceed the limited supply of oil globally from ۲۰۲۰. Among many alternative energies, biofuel has attracted more attention worldwide because biofuel is considered the most stable and compatible energy source, which can be used in three forms: solid, liquid, and gas. The energy content of biofuel is derived from biological sources and organic matter that make up the body of living organisms. In fact, biofuel is a type of fuel that comes from biomass sources. This means that the nature of biofuel goes back to plants and this makes it renewable. Recently, the popularity of biofuels has increased due to the increase in oil prices and the need to ensure energy security.

Biofuels have shown great potential for future energy supply and achieving sustainable energy security. The use of biofuels as renewable energy reduces the emission of air pollutants, including greenhouse gases, especially CO_2 during the combustion process. Therefore, the overall pollution load and other environmental effects are minimized. It is predicted that about ۱۰-٥۰٪ of the world's energy consumption will be produced from biomass by ۲۰٥۰. This estimate shows that biomass will be one of the largest sources of sustainable energy worldwide. Different types of biofuel production technologies are used around the worldwide, generally known as first, second, third, and fourth generation biofuel production technologies. Various studies have reported that the biofuel produced from the first generation technology has certain limitations. However, second and third generation biofuels can produce more biofuels. The main purpose of this article is to review and discuss the types of biofuels, their production sources, advantages, disadvantages and finally compare different types of biofuels with each other.

Methodology

The current research is a descriptive-review study whose data were obtained through library studies and different sources were used to process the materials. Considering the importance of the use of biofuels as a renewable energy source, we tried using the most relevant and up-to-date sources containing valuable points regarding biofuels as much as possible. The main purpose of this article is to review and discuss the types of biofuels, their production sources, advantages, disadvantages and finally compare different types of biofuels with each other.

The need for a stable and durable alternative to limited energy sources led to the development of biofuels. The main characteristic of primary biofuels, also known as natural biofuels (Noraini et al., ۲۰۱٤) or zero-production biofuels, is that they exist in a form without any modification, alteration, processing or pre-treatment. Examples of primary biofuels include firewood, wood chips, animal waste, forest and agricultural residues, and landfill gas. This type of biofuel is easily available and its use does not require special skills or infrastructure. However, their use is crude, compromises air quality, and may adversely affect the health of the user

Although first-generation biofuels are biodegradable and have many environmental and social benefits, food versus fuel and the need for extensive land and time to grow edible raw materials are some of their disadvantages. Also, the high cost of raw materials, which consumes more than ۷۰٪ of the production cost, is also a limiting factor.

With increasing criticism of the sustainability of first generation biofuels, attention was directed toward the potential of second generation biofuels. In fact, second generation biofuels have been developed as a solution to some disadvantages associated with first generation biofuels and can be made from non-edible raw materials such as waste cooking oils, animal fats, recycled oils and bio Produce lignocellulosic biomass, such as grass, wood, sugarcane bagasse, agricultural residues, forest residues, and municipal solid waste.

The challenges associated with first and second generation biofuels, especially regarding the selection of raw materials, led to the development of third generation biofuels. Algae, which are the main feedstock for third-generation biofuels, do not interfere with the food chain and do not require land or fresh water for cultivation, either naturally or artificially. Other raw materials for the production of third generation biofuels include yeast, fungi and cyanobacteria. Examples of third -generation biofuels include bioethanol, vegetable oil, biodiesel, bioethanol, and jet fuel. Fourth generation biofuels are processed using genetically modified (GM) algae and photobiological solar fuels and electrical fuels. Genetically modified algae biomass is effective in producing biofuels, improving the photosynthetic efficiency and increasing light penetration. Solar raw materials for fourth -generation fuels are widely available, economically cheaper and inexhaustible.

Conclusion

Due to the limitation of oil resources and non-renewability of these resources, the world will undergo many changes in the not too distant future. One of the most important and practical methods is to replace fossil fuels with biofuels. Reducing the environmental damage caused by the emission of greenhouse gases, preventing global warming is one of the important achievements of the use of biofuels. In this study, the types of biofuels were

examined based on the raw materials of production, and the advantages and disadvantages of different generations of biofuels were briefly stated. First generation biofuels represent a move toward cleaner and renewable energy. However, they have limitations because they are derived from food biomass, which is a food source in the world. This becomes a problem when there is not enough food to feed everyone, and millions of people around the world are having hunger. It is true that second-generation biofuels solve many problems associated with first-generation biofuels. Second generation biofuels do not compete between fuel and food products because they are obtained from non-edible biomass. . However, some biomasses still compete with land use for second-generation biofuels because some biomasses are grown in the same climatic conditions as food crops. Additionally, the production process of second generation fuels is more complicated than first generation biofuels.Third-generation biofuels meet the highest expectations and offer the best chance of gaining an alternative fuel opportunity, as they do not compete with food and have a relatively higher energy efficiency than first- and second-generation biofuels. However, a lot of research needs to be done to reduce production costs and make this type of fuel commercially viable and cheap. Fourth - generation biofuels are more advanced than third - generation biofuels. Metabolic engineering of algae forms the basis of the fourth - generation biofuel production. Compared to other biofuels, this fuel can absorb CO_2 and has a high production rate. However, there are still challenges in providing them in terms of economics and feasibility. The production technology is in the research and development phase, and the conversion of raw materials into the final product of biofuel requires new technologies.

Keywords

Biofuels; Fossil fuels; GHGs, Biomass; Renewable energy